

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/265			H 0 1 L 21/265	F
21/22			21/22	E
21/223			21/223	X
21/3065			21/302	B
21/329			29/91	A C20-22
審査請求 未請求 請求項の数28 O L (全 20 頁)				

(21) 出願番号 特願平7-274234

(22) 出願日 平成7年(1995)10月23日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 水野 文二

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 中岡 弘明

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 高瀬 道彦

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 前田 弘 (外2名)

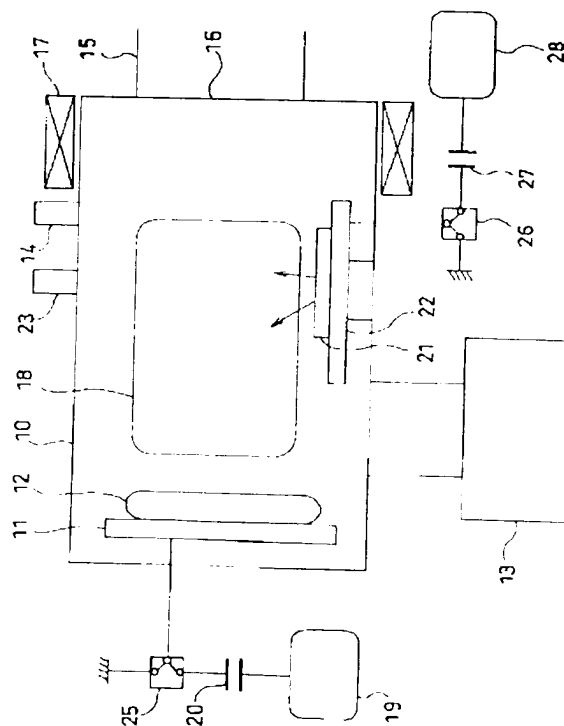
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 不純物の導入方法及びその装置、並びに半導体装置の製造方法

## (57) 【要約】

【課題】 不活性又は反応性のガスを真空槽内に導入して不純物固体から不純物を発生させるに際し、不純物を効率良く発生させて、固体試料の表面部に高濃度の不純物層を形成できるようにする。

【解決手段】 真空槽10内に、不純物としてのボロンを含む不純物固体21とボロンが導入される固体試料12とを保持する。真空槽10の内部にArガスを導入して該Arガスよりなるプラズマを発生させる。不純物固体21に該不純物固体21がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、プラズマ中のイオンにより不純物固体21をスパッタリングすることによって、該不純物固体21に含まれるボロンをArガスよりなるプラズマ中に混入させる。固体試料12に該固体試料12がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、プラズマ中に混入されたボロンを固体試料12の表面部に導入する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 真空槽内に、不純物を含む不純物固体と前記不純物が導入される固体試料とを保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより、前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記固体試料に該固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記固体試料の表面部に導入する工程とを備えていることを特徴とする不純物の導入方法。

【請求項2】 真空槽内に、不純物を含む不純物固体と前記不純物が導入される固体試料とを保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記固体試料に該固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記固体試料に導入する工程とを備えていることを特徴とする不純物の導入方法。

【請求項3】 真空槽内に、不純物を含む不純物固体と前記不純物が導入される固体試料とを保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記固体試料に該固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記固体試料に導入する工程とを備えていることを特徴とする不純物の導入方法。

【請求項4】 真空槽内に、不純物が付着する不純物付着手段と設けると共に前記不純物が導入される固体試料を保持する工程と

前記真空槽内に於ける前記不純物付着手段が設けられている第1の領域と前記固体試料が保持されている第2の領域とを遮断した後、前記第1の領域に前記不純物を含むガスを導入して前記不純物付着手段に前記不純物より

なる不純物膜を堆積する工程と、

前記第1の領域と前記第2の領域とを連通させた後、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物膜に該不純物膜がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物膜をスパッタリングすることによって、該不純物膜に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と

10 前記固体試料に該固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記固体試料の表面部に導入する工程とを備えていることを特徴とする不純物の導入方法。

【請求項5】 プラズマに対して陰極となるような前記電圧は負の電圧であることを特徴とする請求項1、2又は4に記載の不純物の導入方法。

【請求項6】 プラズマに対して陽極となるような前記電圧は0V以下の電圧であることを特徴とする請求項2又は3に記載の不純物の導入方法。

【請求項7】 前記固体試料はシリコンよりなる半導体基板であり、前記不純物は砒素、磷、硼、アルミニウム又はゲルマニウムであり、前記不活性又は反応性のガスは窒素又はアルゴンを含むガスであることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の不純物導入方法。

【請求項8】 内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物を含む不純物固体を保持する固体保持手段と、

30 前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、

前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入するガス導入手段と、

前記固体保持手段に前記不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、

40 前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えていることを特徴とする不純物の導入装置。

【請求項9】 内部が真空中に保持される真空槽と前記真空槽内に設けられ、不純物を含む不純物固体を保持する固体保持手段と、

前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、

前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、

50 前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入するガス導入手段と、

3

前記固体保持手段に前記不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、

前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えていることを特徴とする不純物の導入装置。

【請求項10】 内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物を含む不純物固体を保持する固体保持手段と

前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と

前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と

前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入するガス導入手段と、

前記固体保持手段に前記不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、

前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えていることを特徴とする不純物の導入装置。

【請求項11】 前記第1の電圧印加手段は、前記固体保持手段に前記不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する手段と、前記不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の状態とプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の状態とを切替える手段とをさらに有していることを特徴とする請求項8又は9に記載の不純物の導入装置。

【請求項12】 前記第2の電圧印加手段は、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する手段と、前記固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の状態とプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の状態とを切替える手段とをさらに有していることを特徴とする請求項8に記載の不純物の導入装置。

【請求項13】 内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物が付着する不純物付着手段と

前記真空槽内に設けられ、前記不純物を導入される固体試料を保持する試料保持手段と、

前記不純物付着手段が設けられている第1の領域と前記試料保持手段が設けられている第2の領域とを連通せたり遮断したりするシャッター手段と、

前記真空槽内における前記第1の領域に前記不純物を含むガスを導入する第1のガス導入手段と、

前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、

前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入する第2のガス導入手段と、

1

前記不純物付着手段に該不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と

前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えていることを特徴とする不純物の導入装置。

【請求項14】 内部が真空中に保持される真空槽と前記真空槽内に設けられ、不純物が付着する不純物付着手段と

10 前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、

前記不純物付着手段が設けられている第1の領域と前記試料保持手段が設けられている第2の領域とを連通せたり遮断したりするシャッター手段と、

前記真空槽内における前記第1の領域に前記不純物を含むガスを導入する第1のガス導入手段と、

前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、

20 前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入する第2のガス導入手段と、

前記不純物付着手段に該不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、

前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えていることを特徴とする不純物の導入装置。

【請求項15】 内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物が付着する不純物付着手段と、

30 前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、

前記不純物付着手段が設けられている第1の領域と前記試料保持手段が設けられている第2の領域とを連通せたり遮断したりするシャッター手段と、

前記真空槽内における前記第1の領域に前記不純物を含むガスを導入する第1のガス導入手段と、

前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、

40 前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入する第2のガス導入手段と、

前記不純物付着手段に該不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と

前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えていることを特徴とする不純物の導入装置。

【請求項16】 前記第1の電圧印加手段は、前記不純物付着手段に該不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する手段と、  
50 前記不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対し

て陰極となる第1の状態とプラズマに対して陽極となる第2の状態とを切替える手段とをさらに有していることを特徴とする請求項1又は14に記載の不純物の導入装置。

【請求項17】 前記第2の状態印加手段は、前記第1の保持手段に前記プラズマに対して陽極となるような電圧を印加する手段と、前記固体誘電体がプラズマに対して陰極となる第1の状態とプラズマに対して陽極となる第2の状態とを切替える切替手段とをさらに有していることを特徴とする請求項1に記載の不純物の導入装置。

【請求項18】 プラズマに対して陰極となるような前記電圧は負の電圧であることを特徴とする請求項8、9、13又は14に記載の不純物の導入装置。

【請求項19】 プラズマに対して陽極となるような前記電圧は0V以下の電圧であることを特徴とする請求項9、10、14又は15に記載の不純物の導入装置。

【請求項20】 半導体基板上におけるダイオード形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板と、ダイオード形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、

前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、

前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、

前記不純物層が形成された半導体基板の上に前記不純物層と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項21】 半導体基板上におけるダイオード形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板と、ダイオード形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、

前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによ

り、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反

応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、

前記不純物層が形成された半導体基板の上に前記不純物層と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

10 【請求項22】 半導体基板上におけるダイオード形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板と、ダイオード形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、

前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによ

り、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、

前記不純物層が形成された半導体基板の上に前記不純物層と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

30 【請求項23】 半導体基板上におけるトランジスタ形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板上におけるトランジスタ形成領域に絶縁層を介して電極を形成する工程と、

前記電極が形成された半導体基板と、トランジスタ形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、

前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、

前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによ

り、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反



に導入して不純物層を形成する工程と、

前記不純物層が形成された半導体基板の前記電極と電気的に接続される配線層を形成する形成工程とを備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項24】 一 半導体基板と、前記半導体基板形成領域を素子分離層によって電気的に分離する形成工程と、

前記素子分離層が形成された半導体基板上におけるトランジスタ形成領域に絶縁層を介して電極を形成する形成工程と、

前記電極が形成された半導体基板と、トランジスタ形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する保持工程と、

前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と

前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をエッチングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、

前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加することによって、前記ガス中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、

前記不純物層が形成された半導体基板の前記電極と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項25】 一 半導体基板上におけるトランジスタ形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板上におけるトランジスタ形成領域に絶縁層を介して電極を形成する工程と、

前記電極が形成された半導体基板と、トランジスタ形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、

前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と

前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をエッチングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、

前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、

前記不純物層が形成された半導体基板の前記電極と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項26】 一 プラズマに対して陰極となるような前記電圧は負の電圧であることを特徴とする請求項21、21-23又は24に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項27】 一 プラズマに対して陽極となるような前記電圧は0V以下の電圧であることを特徴とする請求項21-22、24又は25に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項28】 一 前記半導体基板はシリコンよりなり、前記不純物は砒素、磷、ガリウム、アルミニウム又はインジウムであり、前記不活性又は反応性のガスは酸素又はアルゴンを含むガスであることを特徴とする請求項20-27のいずれか1項に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、低温領域（例えば250℃以下から極低温にかけての温度領域）において原子や分子よりなる不純物を半導体基板等の固体試料の表面部に導入する不純物の導入方法及びその装置並びに前記不純物の導入方法を用いる半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】不純物を固体試料の表面部に導入する技術としては、例えば、USP4912065に示されているように、不純物をイオン化して低エネルギーで固体中に導入するプラズマドーピング法が知られている。

【0003】以下、図8を参照しながら従来の不純物導入方法としてのプラズマドーピング法について説明する。

【0004】図8は、従来のプラズマドーピング法に用いられる不純物導入装置の概略構成を示しており、図8において、10は真空槽、11は真空槽10の内部に設けられており、不純物が導入される例えばシリコン基板よりなる固体試料12を保持する試料保持台、13は真空槽10の内部を減圧する減圧ポンプ、14は真空槽10内に所望の元素を含むドーピングガス例えばB、H<sub>2</sub>を供給するガスガスフィード、15は真空槽10に接続されたマイクロ波導波管、16は真空槽10とマイクロ波導波管15との間に設けられた石英板、17は真空槽10の外側に配置された電磁石によってマイクロ波導波管15、石英板16及び電磁石17によってプラズマ発生手段が構成されている。また、図8において、18はプラズマ領域、19は試料保持台11に接続され、120を介して接続されている高周波電源である。

【0005】前記構造の不純物導入装置において、ソースガスフィード14から導入されたドーピングガス例えばB、H<sub>2</sub>はプラズマ発生手段によってプラズマ化され、該プラズマ中の正イオンは高周波電源19によ

て固体試料12の表面部に導入される。

【0006】このようにして不純物が導入された固体試料12の上に金属配線層を形成した後、前記酸化雰囲気の中において金属配線層の上に薄い酸化膜を形成した後、CVD装置等により固体試料12上にゲート電極を形成すると、例えばMOSトランジスタが得られる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、B、Hよりなるドーピングガスのように、シリコン基板等の固体試料に導入されると電気的に活性となる不純物を含むガスは、一般に危険性が高いという問題がある。

【0008】また、プラズマドーピング法は、ドーピングガスに含まれている物質の全てが固体試料に導入される。B、Hよりなるドーピングガスを例にとって説明すると、固体試料に導入されたときに有効な不純物はシリコンだけであるが、水素も同時に固体試料中に導入される。水素が固体試料中に導入されると、ヒダキや欠陥成長等、引き続き行なわれる熱処理時に固体試料において格子欠陥が生じるという問題がある。

【0009】そこで、本発明者らは、固体試料に導入されると電気的に活性となる不純物を含む不純物固体を真空槽内に配置すると共に、該真空槽内において不活性又は反応性のガスとしての希ガスのプラズマを発生させ、該希ガスのプラズマにより不純物固体をスパッタリングすることにより、該不純物固体から不純物を分離させることを考慮した。

【0010】図9は、不純物を含む不純物固体を用いるプラズマドーピング法に用いられる不純物導入装置の概略構成を示している。図9においては、図18に示したものと同一の部材については、同一の符号を付すことにより説明を省略する。

【0011】この不純物導入装置の特徴は、不純物例えばシリコンを含む不純物固体21を保持する固体保持台22、及び真空槽10の内部に希ガスを導入する希ガスフィード23を備えている。希ガスフィード23から例えばArガスを真空槽10の内部に導入すると、該Arガスはプラズマ発生装置によってプラズマ化され、該Arプラズマ中のArイオンにより不純物固体21からシリコンがスパッタリングされる。スパッタリ、クされたシリコンはArプラズマ中に混入されてプラズマドーピングガスとなった後、固体試料12の表面部に導入される。

【0012】ところが、前述のようにしてプラズマドーピングを行なったとすると、不純物固体21から不純物を発生させるか、発生する不純物の量が不十分であるか、プラズマが長くないという課題、及び不純物を固体試料の表面部における極めて表面に近い領域に導入することができないという課題がある。

【0013】前記に鑑み、本発明は、不活性又は反応性

のガスを真空槽内に導入して不純物固体から不純物を発生させるに際し、発生する不純物の量を多くしてスパッタリングを向上させることを第1の目的とし、不純物を固体試料の表面部における極めて表面に近い領域に導入できるようにすることを第2の目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】前記第1の目的を達成するため、請求項1の発明が講じた解決手段は、不純物を導入方法を、真空槽内に、不純物を含む不純物固体と前記不純物が導入される固体試料とを保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記固体試料に該固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記固体試料の表面部に導入する工程とを備えている構成とするものである。

【0015】請求項1の構成により、不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、プラズマ中のイオンは大きなエネルギーで不純物固体に向かって進むので、該不純物固体に含まれる不純物は効果的にスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入される。また、固体試料に該固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、プラズマ中に混入された高濃度の不純物イオンは大きなエネルギーで固体試料に向かって進むので、該高濃度の不純物イオンは固体試料の表面部に導入される。

【0016】前記第1及び第2の目的を達成するため、請求項2の発明が講じた解決手段は、不純物の導入方法を、真空槽内に、不純物を含む不純物固体と前記不純物が導入される固体試料とを保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記固体試料に該固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記固体試料に導入する工程とを備えている構成とするものである。

【0017】請求項2の構成により、不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、プラズマ中のイオンは大きなエネルギーで不

不純物固体に向かって進むので、該不純物固体に含まれる不純物は比較的少ないプラズマ中で不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入される。また、固体試料に該固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加すると、プラズマ中に混入された高濃度の不純物イオンは小さなエネルギーで固体試料に向かって進むので、該高濃度の不純物イオンは固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に導入される。

【0018】前記第2の目的を達成するため、請求項3の発明が講じた解決手段は、不純物が導入方法を、真空槽内に、不純物を含む不純物固体と前記不純物が導入される固体試料とを保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記固体試料に該固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記固体試料に導入する工程とを備えている構成とするものである。

【0019】請求項3の構成により、不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加すると、プラズマ中のイオンは小さなエネルギーで不純物固体に向かって進むので、該不純物固体に含まれる不純物は比較的少ないプラズマ中で不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に低濃度に混入される。また、固体試料に該固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加すると、プラズマ中に混入された低濃度の不純物イオンは小さなエネルギーで固体試料に向かって進むので、該低濃度の不純物イオンは固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に導入される。

【0020】前記第1の目的を達成するため、請求項4の発明が講じた解決手段は、不純物の導入方法を、真空槽内に、不純物が付着する不純物付着手段を設けると共に前記不純物が導入される固体試料を保持する工程と、前記真空槽内における前記不純物付着手段が設けられている第1の領域と前記固体試料が保持されている第2の領域とを遮断した後、前記第1の領域に前記不純物を含むガスを導入して前記不純物付着手段に前記不純物よりなる不純物膜を堆積する工程と、前記第1の領域と前記第2の領域とを連通させた後、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、前記不純物膜に該不純物膜がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物膜をスパッタリングすることによって、該不純物膜に含

まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記固体試料に該固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記固体試料の表面部に導入する工程とを備えている構成とするものである。

【0021】請求項4の構成により、真空槽内における不純物付着手段が設けられている第1の領域と固体試料が保持されている第2の領域とを遮断した後、第1の領域に不純物を含むガスを導入すると、不純物付着手段に不純物が付着して該不純物よりなる不純物膜が堆積される。その後、第1の領域と第2の領域とを連通させた後、真空槽の内部に不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させると共に不純物膜に該不純物膜がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、不純物膜に含まれる不純物は比較的少ないプラズマ中で不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入される。また、固体試料に該固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、高濃度の不純物イオンは固体試料の表面部に導入される。

【0022】請求項5の発明は、請求項1、2又は4の構成に、プラズマに対して陰極となるような前記電圧は負の電圧であるという構成を付加するものである。

【0023】請求項6の発明は、請求項2又は3の構成に、プラズマに対して陽極となるような前記電圧は0V以下の電圧であるという構成を付加するものである。

【0024】請求項7の発明は、請求項1～6の構成に、前記固体試料はシリコンよりなる半導体基板であり、前記不純物は砒素、稼、チレン、ゲルマニウム又はブレンチンであり、前記不活性又は反応性のガスは窒素又はアルゴンを含むガスであるという限定を付加するものである。

【0025】請求項8の発明が講じた解決手段は、不純物の導入装置を、内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物を含む不純物固体を保持する固体保持手段と、前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入するガス導入手段と、前記固体保持手段に前記不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えている構成とするものである。

【0026】請求項8の構成により、第1の電圧印加手段により固体保持手段に不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、プラズマ中のイオンは大きなエネルギーで不純物固体に向かって進むので、前記と同様に、不純物固体に含まれる不純物は少な

良ガス（ア）によって不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入される。また、第2の電圧印加手段により、試料保持手段に固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、高濃度の不純物イオンは固体試料の表面部に導入される。

【0027】請求項9の発明が講じた解決手段は、不純物の導入装置を、内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物を含む不純物固体を保持する固体保持手段と、前記真空槽内に設けられ、前記不純物を導入される固体試料を保持する試料保持手段と、前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入するガス導入手段と、前記固体保持手段に前記不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えている構成とするものである。

【0028】請求項9の構成により、第1の電圧印加手段により、固体保持手段に不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、不純物固体に含まれる不純物（効果良ガス、タリ、ア）によって不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入される。また、第2の電圧印加手段により、試料保持手段に固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、高濃度の不純物イオンは固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に導入される。

【0029】請求項10の発明が講じた解決手段は、不純物の導入装置を、内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物を含む不純物固体を保持する固体保持手段と、前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入するガス導入手段と、前記固体保持手段に前記不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えている構成とするものである。

【0030】請求項10の構成により、第1の電圧印加手段により、固体保持手段に不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、不純物固体に含まれる不純物は比較的少ない（タリ、ア）によって不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に低濃度に混入される。また、第2の電圧印加手段により、試料保持手段に固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、低濃度の不純物イオンは固体試料の表面部における表面に極めて

に近い領域に導入される。

【0031】請求項11の発明は、請求項8又は19の構成に、前記第1の電圧印加手段は、前記固体保持手段に前記不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する手段と、前記不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の状態とプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の状態とを切替える手段とをさらに有している構成を付加するものである。

10 【0032】請求項12の発明は、請求項8の構成に、前記第2の電圧印加手段は、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する手段と、前記固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の状態とプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の状態とを切替える手段とをさらに有している構成を付加するものである。

【0033】請求項13の発明が講じた解決手段は、不純物の導入装置を、内部が真空中に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物が付着する不純物付着手段と、前記真空槽内に設けられ、前記不純物が導入される固体試料を保持する試料保持手段と、前記不純物付着手段が設けられている第1の領域と前記試料保持手段が設けられている第2の領域とを連通させたり遮断したりするシャッター手段と、前記真空槽内における前記第1の領域に前記不純物を含むガスを導入する第1のガス導入手段と、前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入する第2のガス導入手段と、前記不純物付着手段に前記不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えている構成とするものである。

【0034】請求項13の構成により、シャッター手段により真空槽内における不純物付着手段が設けられている第1の領域と固体試料が保持されている第2の領域とを遮断した後、第1のガス導入手段により第1の領域に不純物を含むガスを導入すると、不純物付着手段に不純物が付着して前記不純物よりなる不純物膜が堆積される。その後、第1の領域と第2の領域とを連通させた後、プラズマ発生手段により真空槽の内部に不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させると共に第1の電圧印加手段により不純物付着手段に不純物膜がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、不純物膜に含まれる不純物は効果良ガス、タリ、アによって不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入される。また、第2の電圧印加手段により試料保持手段に固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、高濃度の不純



15

物イオンは固体試料の表面部に導入される。

【0035】請求項14の発明が講じた解決手段は、不純物の導入装置を、内部が真空に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物が付着する不純物付着手段と、前記真空槽内に設けられ、前記不純物を導入させる固体試料を保持する試料保持手段と、前記不純物付着手段が設けられている第1の領域と前記試料保持手段が設けられている第2の領域とを連通させたり遮断したりするシャッター手段と、前記真空槽内における前記第1の領域に前記不純物を含むガスを導入する第1のガス導入手段と、前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入する第2のガス導入手段と、前記不純物付着手段に該不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手段と、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えている構成とするものである。

【0036】請求項14の構成により、シャッター手段により真空槽内における不純物付着手段が設けられている第1の領域と固体試料が保持されている第2の領域とを遮断した後、第1のガス導入手段により第1の領域に不純物を含むガスを導入すると、不純物付着手段に不純物が付着して該不純物よりなる不純物膜が堆積される。その後、第1の領域と第2の領域とを連通させた後、プラズマ発生手段により真空槽の内部に不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させると共に第1の電圧印加手段により不純物付着手段に不純物膜がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、不純物膜に含まれる不純物は効率的にスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入される。また、第2の電圧印加手段により試料保持手段に固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、高濃度の不純物イオンは固体試料の表面部における極めて表面に近い領域に導入される。

【0037】請求項15の発明が講じた解決手段は、不純物の導入装置を、内部が真空に保持される真空槽と、前記真空槽内に設けられ、不純物が付着する不純物付着手段と、前記真空槽内に設けられ、前記不純物を導入させる固体試料を保持する試料保持手段と、前記不純物付着手段が設けられている第1の領域と前記試料保持手段が設けられている第2の領域とを連通させたり遮断したりするシャッター手段と、前記真空槽内における前記第1の領域に前記不純物を含むガスを導入する第1のガス導入手段と、前記真空槽内にプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、前記真空槽内に不活性又は反応性のガスを導入する第2のガス導入手段と、前記不純物付着手段に該不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第1の電圧印加手

16

段と、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備えている構成とするものである。

【0038】請求項15の構成により、シャッター手段により真空槽内における不純物付着手段が設けられている第1の領域と固体試料が保持されている第2の領域とを遮断した後、第1のガス導入手段により第1の領域に不純物を含むガスを導入すると、不純物付着手段に不純物が付着して該不純物よりなる不純物膜が堆積される。その後、第1の領域と第2の領域とを連通させた後、プラズマ発生手段により真空槽の内部に不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させると共に第1の電圧印加手段により不純物付着手段に不純物膜がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、不純物膜に含まれる不純物は比較的少なくスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に低濃度に混入される。また、第2の電圧印加手段により試料保持手段に固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加すると、前記と同様に、低濃度の不純物イオンは固体試料の表面部における極めて表面に近い領域に導入される。

【0039】請求項16の発明は、請求項13又は14の構成に、前記第1の電圧印加手段は、前記不純物付着手段に該不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する手段と、前記不純物付着手段に付着する不純物がプラズマに対して陰極となる第1の状態とプラズマに対して陽極となる第2の状態とを切替える手段とをさらに有している構成を付加するものである。

【0040】請求項17の発明は、請求項13の構成に、前記第2の電圧印加手段は、前記試料保持手段に前記固体試料がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加する手段と、前記固体試料がプラズマに対して陰極となる第1の状態とプラズマに対して陽極となる第2の状態とを切替える切替手段とをさらに有している構成を付加するものである。

【0041】請求項18の発明は、請求項8、9、13又は14の構成に、プラズマに対して陰極となるような前記電圧は負の電圧であるという構成を付加するものである。

【0042】請求項19の発明は、請求項9、10、14又は15の構成に、プラズマに対して陽極となるような前記電圧は0V以下の電圧であるという構成を付加するものである。

【0043】請求項20の発明が講じた解決手段は、半導体装置の製造方法を、半導体基板上におけるダイオード形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板と、ダイオード形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性

又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体がスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、前記不純物層が形成された半導体基板の上に前記不純物層と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えている構成とするものである。

【0044】請求項20の構成により、請求項1と同様の作用により、半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部に不純物が高濃度に導入される。

【0045】請求項21の発明が講じた解決手段は、半導体装置の製造方法を、半導体基板上におけるダイオード形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板と、ダイオード形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることにより、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、前記不純物層が形成された半導体基板の上に前記不純物層と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えている構成とするものである。

【0046】請求項22の構成により、請求項1と同様の作用により、半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部における表面に極めて近い領域に不純物が高濃度に導入される。

【0047】請求項23の発明が講じた解決手段は、半導体装置の製造方法を、半導体基板上におけるダイオード形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板上にダイオード形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電

圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、前記不純物層が形成された半導体基板の上に前記不純物層と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えている構成とするものである。

【0048】請求項24の構成により、請求項3と同様の作用により、半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部における表面に極めて近い領域に不純物が高濃度に導入される。

【0049】請求項25の発明が講じた解決手段は、半導体装置の製造方法を、半導体基板上におけるダイオード形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板上におけるダイオード形成領域に絶縁層を介して電極を形成する工程と、前記電極が形成された半導体基板と、ダイオード形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることによって、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、前記不純物層が形成された半導体基板の前記電極と電気的に接続される配線層を形成する形成工程とを備えている構成とするものである。

【0050】請求項26の構成により、請求項1と同様の作用により、半導体基板におけるダイオード形成領域の表面部に不純物が高濃度に導入される。

【0051】請求項27の発明が講じた解決手段は、半導体装置の製造方法を、半導体基板上におけるダイオード形成領域を素子分離層によって電気的に分離する形成工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板上におけるダイオード形成領域に絶縁層を介して電極を形成する形成工程と、前記電極が形成された半導体基板とダイオード形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する保持工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程



と、前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることにより、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物と前記半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、前記不純物層が形成された半導体基板の前記電極と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えている構成とするものである。

【0052】請求項24の構成により、請求項2と同様の作用により、半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部における表面に極めて近い領域に不純物が高濃度に導入される。

【0053】請求項25の発明が講じた解決手段は、半導体装置の製造方法で、半導体基板上におけるトランジスタ形成領域を素子分離層によって電気的に分離する工程と、前記素子分離層が形成された半導体基板上におけるトランジスタ形成領域に絶縁層を介して電極を形成する工程と、前記電極が形成された半導体基板とトランジスタ形成領域に導入される不純物を含む不純物固体とを真空槽内に保持する工程と、前記真空槽の内部に不活性又は反応性のガスを導入して該不活性又は反応性のガスよりなるプラズマを発生させる工程と、前記不純物固体に該不純物固体がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加して、前記プラズマ中のイオンにより前記不純物固体をスパッタリングすることにより、該不純物固体に含まれる不純物を前記不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に混入させる工程と、前記真空槽内に保持されている半導体基板に該半導体基板がプラズマに対して陽極となるような電圧を印加することにより、前記プラズマ中に混入された前記不純物を前記半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部に導入して不純物層を形成する工程と、前記不純物層が形成された半導体基板の前記電極と電気的に接続される配線層を形成する工程とを備えている構成とするものである。

【0054】請求項25の構成により、請求項3と同様の作用により、半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部における表面に極めて近い領域に不純物が低濃度に導入される。

【0055】請求項26の発明は、請求項20～21、23又は24の構成に、プラズマに対して陰極となるような前記電圧は負の電圧であるという構成を付加するものである。

【0056】請求項27の発明が講じた解決手段は、請求項21、22、24又は25の構成に、プラズマに対して陽極となるような前記電圧は0V以下の電圧である

という構成を付加するものである。

【0057】請求項28の発明は、請求項20～21の構成に、前記半導体基板は、シリコンであり、前記不純物は炭素、磷、窒素、ゲルマニウム又は砒素であり、前記不活性又は反応性のガスは窒素又は水素を含むガスであるという構成を付加するものである。

【0058】

【発明の実施形態】以下、本発明の第1の実施形態に係る不純物導入装置について図1を参照しながら説明する。

【0059】図1において、10は真空槽、11は真空槽10の内部に設けられており、不純物が導入される例えはシリコン基板よりなる固体試料12を保持する試料保持台であって、該試料保持台11は固体試料12を所定の温度に保つ温度制御手段を内蔵している。また、図1において、13は真空槽10の内部を減圧する減圧ポンプ、14は真空槽10内にドーピングガスを供給するガスガスファイバード、15は真空槽10に接続されたマイクロ波導波管、16は真空槽10とマイクロ波導波管15との間に設けられた石英板、17は真空槽10の外側に配置された電磁石であって、マイクロ波導波管16と石英板16及び電磁石17によってマイクロ波発生手段としてのECRプラズマ発生手段が構成されている。減圧ポンプ13としてはターボ分子ポンプと所謂ドライポンプとを組み合わせて用いる。また、図1において、18はプラズマ領域、19は試料保持台11に第1のコルゲンサ20を介して接続されている第1の高周波電源、21は不純物元素例えばボロンを含む不純物固体、22は不純物固体21を保持する固体保持台、23は真空槽10の内部に希ガスを導入する希ガスファイバードである。

【0060】第1の実施形態の特徴として、試料保持台11には第1の切替スイッチ25が接続されており、該第1の切替スイッチ25は、試料保持台11を第1のコルゲンサ20を介して第1の高周波電源19に接続して試料保持台11をプラズマに対して陰極にしたり、試料保持台11を接地して試料保持台11をプラズマに対して陽極にしたりすることができる。

【0061】また、第1の実施形態の特徴として、固体保持台22には第2の切替スイッチ26が接続されており、該第2の切替スイッチ26は、固体保持台22を第2のコルゲンサ27を介して第2の高周波電源28に接続して固体保持台22をプラズマに対して陰極にしたり、固体保持台22を接地して固体保持台22をプラズマに対して陽極にしたりすることができる。

【0062】以上、第1の不純物導入方法について図1を参照しながら説明する。第1の不純物導入方法は、第1の実施形態に係る不純物導入装置を用いて行なうものであって、試料保持台11をプラズマに対して陰極にすると共に固体保持台22をプラズマに対して陰極にする

現象を見る。

【0063】まず、減圧ポンプ13を駆動して真空槽10の内部を約 $5 \times 10^{-4}$  Torrの真空度にすると共に、試料保持台11に内蔵されている温度制御手段により、試料保持台11の温度を約100℃に保つ。また、固体試料12としては、シリコンカーを用い、不純物固体18としてはシリコンよりなる板状体又は粒子の集合物を用いる。

【0064】この状態で、希ガスマイード20から毎分10ccのArガスを導入すると共に、減圧ポンプ13により真空槽10の内部を約 $4 \times 10^{-4}$  Torrの真空度に保つ。また、マイクロ波導波管15から2.45GHzのマイクロ波を導波すると共に電磁石17により磁場を励起し、約 $2.5 \text{ mA/cm}^2$ のプラズマ電流密度を発生させて、プラズマ領域18にArプラズマを発生させる。

【0065】次に、第1の切替スイッチ25を操作して第1の高周波電源19から13.56MHzの高周波電力を第1のコングレサー20を介して試料保持台11に印加して試料保持台11を陰極にする。このようにして、試料保持台11に保持された固体試料12とプラズマ領域18のArプラズマとの間に大きな電位差例えば100Vを生じさせる。また、第2の切替スイッチ26を操作して第2の高周波電源28から13.56MHzの高周波電力を第2のコングレサー27を介して固体保持台22に印加して固体保持台22を陰極にする。これにより、固体保持台22は発生するプラズマに対して陰極として作用し、Arプラズマの条件にもよるが、この場合、固体保持台22はArプラズマに対して約50V電位が低下する。この電位差によってArプラズマ中のArイオンは不純物固体21に激しく衝突し、不純物固体21に含まれるボロンはスプラッタリング現象によってArプラズマ中に高濃度に混入する。この工程においては、真空槽10の真空度を $1 \times 10^{-4}$  Torr台と低く設定しておき、Arイオンの平均自由行程を数10cm程度にすることが好ましい。このようにすると、スプラッタリングされたボロンは比較的容易にArプラズマ中に均一に拡散する。

【0066】Arプラズマ中に均一且つ高濃度に拡散されたボロンは、固体試料12とArプラズマとの間の電位差（この場合は約700Vである）によって、固体試料12の表面部近傍に導入される。

【0067】固体試料12の表面部近傍にボロンを導入する時間については、固体試料12をArプラズマに対して陰極にしなかった場合には100秒程度を要するのに対して、第1の不純物導入方法によると固体試料12をArプラズマに対して陰極にしたので2秒程度で済む。

【0068】図2は、固体試料12における深さとボロン濃度との関係をSIMSによって測定した結果を示しており、ボロンが固体試料12の表面部近傍に導入され

ていることが確認できた。

【0069】以下、第2の不純物導入方法について図1を参照しながら説明する。第2の不純物導入方法は、第1の実施形態に係る不純物導入装置を用いて行なうものであって、試料保持台11とコングレサー20に対して陰極にすると共に固体保持台22とコングレサー27に対して陰極にする場である。

【0070】まず、第1の不純物導入方法と同様に、減圧ポンプ13を駆動して真空槽10の内部を約 $5 \times 10^{-4}$  Torrの真空度にすると共に、試料保持台11に内蔵されている温度制御手段により試料保持台11の温度を約100℃に保つ。また、固体試料12としてはシリコンカーを用い、不純物固体18としてはシリコンよりなる板状体又は粒子の集合物を用いる。この状態で、希ガスマイード20から毎分10ccのArガスを導入すると共に、減圧ポンプ13により真空槽10の内部を約 $4 \times 10^{-4}$  Torrの真空度に保つ。また、マイクロ波導波管15から2.45GHzのマイクロ波を導波すると共に電磁石17により磁場を励起し、約 $2.5 \text{ mA/cm}^2$ のプラズマ電流密度を発生させて、プラズマ領域18にArプラズマを発生させる。

【0071】次に、第1の切替スイッチ25を操作して試料保持台11を接地して試料保持台11を陽極にする。このようにして、試料保持台11に保持された固体試料12とプラズマ領域18のArプラズマとの間に小さな電位差例えば50Vを生じさせる。また、第2の切替スイッチ26を操作して第2の高周波電源28から13.56MHzの高周波電力を第2のコングレサー27を介して固体保持台22に印加して固体保持台22を陰極にする。これにより、固体保持台22は発生するプラズマに対して陰極として作用し、Arプラズマの条件にもよるが、この場合、固体保持台22はArプラズマに対して約500V電位が低下する。この電位差によってArプラズマ中のArイオンは不純物固体21に激しく衝突し、不純物固体21に含まれるボロンはスプラッタリング現象によってArプラズマ中に高濃度に混入する。この工程においては、真空槽10の真空度を $1 \times 10^{-4}$  Torr台と低く設定しておき、Arイオンの平均自由行程を数10cm程度にすることが好ましい。このようにすると、スプラッタリングされたボロンは比較的容易にArプラズマ中に均一に拡散する。

【0072】Arプラズマ中に均一且つ高濃度に拡散されたボロンは、固体試料12とArプラズマとの間の小さな電位差（この場合は約50Vである）によって、固体試料12の表面部に導入されるが、高濃度のボロンが小さいエネルギーで固体試料12に向かうため、固体試料12の表面に極めて近い領域に高濃度の不純物層が形成される。

【0073】以下、第3の不純物導入方法について図1を参照しながら説明する。第3の不純物導入方法は、第



1の実施形態に係る不純物導入装置を用いて行なうものである。試料保持台11をプラズマに対して陽極にすると共に固体保持台22もプラズマに対して陽極にする場合もある。

【0074】まず、第1の不純物導入方法と同様に、減圧ポンプ13を駆動して真空槽10の内部を約 $5 \times 10^{-4}$  Torrの真空度にすると共に、試料保持台11に内蔵されている温度制御手段により試料保持台11の温度を約 $100^\circ\text{C}$ に保つ。また、固体試料12としてはシリコンウェーハを用い、不純物固体18として、1ボロによりなる板状体又は粒子の集合体を用いる。この状態で、希ガスフロー20から毎分10ccのArガスを導入すると共に、減圧ポンプ13により真空槽10の内部を約 $4 \times 10^{-4}$  Torrの真空度に保つ。また、マイクロ波導波管15から2.45GHzのマイクロ波を導波すると共に電磁石17により磁場を励起し、約 $2 \sim 5 \text{ mA/cm}^2$ のプラズマ電流密度を発生させて、プラズマ領域18にArプラズマを発生させる。

【0075】次に、第1の切替スイッチ25を操作して試料保持台11を接地し試料保持台11を陽極にする。このようにして、試料保持台11に保持された固体試料12とプラズマ領域18のArプラズマとの間に小さな電位差例えば5.0Vを生じさせる。また、第2の切替スイッチ26を操作して固体保持台22を接地し固体保持台22を陽極にする。これにより、固体保持台22は発生するプラズマに対して陽極として作用し、固体保持台22とArプラズマとの間の電位差が小さいので、Arプラズマ中のArイオンは不純物固体21に小さいエネルギーで衝突し、不純物固体21に含まれるボロンはスパッタリング現象によってArプラズマ中に低濃度に混入する。この工程においては、真空槽10の真空度を $1 \times 10^{-4}$  Torr程度と低く設定しておき、Arイオンの平均自由行程を数10cm程度にすることが好ましい。このようにすると、スパッタリングされたボロンは比較的容易にArプラズマ中に均一に拡散する。

【0076】Arプラズマ中に均一に低濃度に拡散されたボロンは、固体試料12とArプラズマとの間の小さな電位差（この場合は約5.0Vである）によって、固体試料12の表面部に導入されるが、低濃度のボロンが小さいエネルギーで固体試料12に向かうため、固体試料12の表面、極めて近い領域に低濃度の不純物層が形成される。

【0077】尚、第1の実施形態に係る不純物導入装置を用いて行なう第1～第3の不純物導入方法においては、真空槽10内にフローガスを提供するフローガスフロー14は開いていない。

【0078】また、プラズマ発生手段としては2.45GHzのマイクロ波を導波するECRプラズマ発生手段を用いたが、これに限られるものではなく、ICPやヘリコン等の他のプラズマ発生手段を用いてもよい。ま

た、試料保持台11及び固体保持台22には11.3～56MHzの高周波電力を印加しても、高周波電力が固定値にこれに限られるものではない。また、試料保持台11に印加される高周波電力の周波数と、固体保持台22に印加される高周波電力の周波数とは同じでも異なってもよく、周波数が同じ場合には、第1の高周波電源19と第2の高周波電源28とを共通にしてもよい。さらに、真空槽10に導入するフローガスやフローガスの流量及び真空槽10の真空度については、真空槽10の形状と大きさにより最適なものを設定することは当然である。

【0079】以下、本発明の第2の実施形態に係る不純物導入装置について図3を参照しながら説明する。

【0080】第2の実施形態に係る不純物導入装置は、第1の実施形態に係る不純物導入装置を基本的に同様であるので、同一の部材については同一の符号を付すことにより説明を省略する。

【0081】第2の実施形態に係る不純物導入装置の特徴として、不純物固体を保持する固体保持台22は設けられておらず、代わりに、金属又は絶縁物よりなり不純物が付着する不純物付着台30が設けられており、該不純物付着台30上には、後述する方法により、例えばボロンよりなる不純物膜31が堆積する。不純物付着台30には第2の切替スイッチ26が接続されており、該第2の切替スイッチ26は、不純物付着台30を第2のフローガス27を介して第2の高周波電源28に接続して不純物付着台30を陰極にしたり、不純物付着台30を接地して不純物付着台30を陽極にしたりすることができる。また、試料保持台11に保持された固体試料12とプラズマ領域18の間には、両者間を連通させたり遮断したりするシャッター32が設けられている。尚、図3においては、同示の都台11、シャッター32は破線によって示している。

【0082】以下、第4の不純物導入方法について図3を参照しながら説明する。第4の不純物導入方法は、第2の実施形態に係る不純物導入装置を用いて行なうものである。試料保持台11をプラズマに対して陰極にすると共に不純物保持台30もプラズマに対して陰極にする場合である。

【0083】まず、シャッター32を閉じて試料保持台11とプラズマ領域18の間を遮断した状態で、減圧ポンプ13を駆動して真空槽10の内部を約 $5 \times 10^{-4}$  Torrの真空度に保つ。また、第2の切替スイッチ26を操作して第2の高周波電源28から11.3～56MHzの高周波電力を第2のフローガス27を介して固体保持台22に加して固体保持台22を陰極にする。

【0084】次に、フローガスフロー14から不純物を含むガス、例えばゲイボランB<sub>2</sub>H<sub>6</sub>を真空槽10内に毎分5.0cc供給すると共に、マイクロ波導波管15から2.45GHzのマイクロ波を導波すると共に電磁石17により磁場を励起し、約 $2 \sim 5 \text{ mA/cm}^2$ のプ

60

、プラズマ電流密度を発生させることによりすると、B、Hを用いたプラズマ処理、またはプラズマ不純物付着台30に電圧を印加する。不純物付着台30には、Aを含む不純物膜31が堆積する。

【0085】次に、前記の図5（B、H）を含むプラズマを発生させるので、より低温で且つ高い効率で不純物膜31が形成されるが、B、Hを用いるプラズマを発生させても、プラズマパワーが1.4からB、Hを真空槽10内に供給すると、通常のCVD法と同様に、不純物付着台30には、よりなる不純物膜31が堆積することとなる。

【0086】次に、真空槽10内の水素を含むガスを排出した後、シャッター32を開けて試料保持台11とプラズマ領域18との間を連通する。その後、減圧ポンプ13を駆動して真空槽10の内部を約 $4 \times 10^{-4}$  Torrの真空度に保つと共に、試料保持台11に内蔵されている温度制御手段により試料保持台11の温度を約10°Cに保つ。

【0087】この状態で、第1の実施形態に係る不純物導入装置を用いる第1の不純物導入方法と同様に、希ガスパワー20から毎分10ccのArガスを導入すると共に、マイコン波導波管15から2.45GHzのマイクロ波を導波すると共に電磁石17により磁場を励起し、約2.5mA/cm<sup>2</sup>のプラズマ電流密度を発生させて、プラズマ領域18にArプラズマを発生させる。次に、第1の切替スイッチ25を操作して第1の高周波電源19から13.56MHzの高周波電力を第1のコンデンサ20を介して不純物付着台30に印加して不純物付着台30を陰極にすると共に、第2の切替スイッチ26を操作して第2の高周波電源28から13.56MHzの高周波電力を第2のコンデンサ27を介して不純物付着台30に印加して固体保持台22を陰極にする。これにより、不純物付着台30はプラズマに対して陰極として作用し、不純物付着台30はArプラズマに対して約500V電位が低下する。この電位差によってArプラズマ中のArイオンは不純物膜31に激しく衝突し、不純物膜31に含まれるボロンはスパッタリング現象によってArプラズマ中に高濃度に混入する。Arプラズマ中に均一且つ高濃度に拡散されたボロンは、固体試料12とArプラズマとの間の約700Vの電位差によって、固体試料12の表面部近傍に導入される。

【0088】前記の不純物導入方法によると、図2に示した結果と同様、ボロンが固体試料12の表面部近傍に導入される。

【0089】また、この不純物導入方法によると、B、Hを用いて直接ドーピングする場合に比べて、固体試料12に導入される水素が少ないので、固体試料において格子欠陥が生じるという問題を回避できる。

【0090】以下、前述した各不純物導入方法を用いて

20

行なうCMOSを有する半導体装置の製造方法について図4及び図5を参照しながら説明する。

【0091】まず、図4（a）に示すように、半導体基板50上の所定領域に素子分離層51を形成した後、半導体基板50を第1又は第2の実施形態に係る不純物導入装置における固体保持台11に保持させる。

【0092】次に、前記した第1又は第4の不純物導入方法により、半導体基板50の近傍に、不純物よりなるプラズマ52を発生させ、図4（b）に示すように、半導体基板50の表面部近傍に不純物層53を形成する。

【0093】次に、図5（a）に示すように、半導体基板50の上面に亘って例えばCVD法によるシリコン酸化膜等よりなる絶縁膜54を例えば500nmの膜厚に堆積する。その後、適当な熱処理（例えば1000°C）の温度下における10秒間の熱処理を行なって不純物層53の不純物分布を制御してもよい。

【0094】次に、図5（b）に示すように、フォトリソグラフィ法及びエッチング法を用いて絶縁膜54に開口部54aを形成した後、単層又は多層の全金属膜を全面に堆積し、その後、該全金属膜に対してフォトリソグラフィ法及びエッチング法を施してパターンングして前記全金属膜よりなる全金属配線層55を形成する。

【0095】尚、前記のダイオードを有する半導体装置の製造方法においては、第1又は第4の不純物導入方法を用いたので、半導体基板50の表面部近傍に比較的高濃度且つ高濃度の不純物層53を形成することができる。第2の不純物の導入方法を用いると、半導体基板50の表面部近傍に低濃度且つ高濃度の不純物層53を形成することができる。第3の不純物の導入方法を用いると、半導体基板50の表面部近傍に低濃度且つ低濃度の不純物層53を形成することができる。このようにして形成した不純物層を積み重ねる等の手法で、所謂ハイガー率を作成できることが可能であることは言うまでもない。

【0096】以上、前述した第1又は第4の不純物導入方法を用いて行なうCMOSを有する半導体装置の製造方法について図6及び図7を参照しながら説明する。尚、以下においては、便宜上第1の不純物導入方法を用いる場合について説明する。

【0097】まず、図6（a）に示すように、半導体基板60上におけるPMOS領域とNMOS領域との間に素子分離領域61を形成した後、PMOS領域及びNMOS領域にそれぞれゲート絶縁膜62及びゲート電極63を形成し、その後、PMOS領域に開口部を有するプラズマ遮断層64及びドーパント層65等よりなる第1のレジストパターン64を形成する。

【0098】この状態で、半導体基板60を第1又は第2の実施形態に係る不純物導入装置における固体保持台11に保持させた後、第1の不純物導入方法を用いて、P型の不純物例えばボロンを導入する。すなわち、固体

保持台22の上には、主成分とする不純物固体21を載置した後、希ガス（アーク14から）不活性ガス、例えばArガスを導入して、Arプラズマ65を発生させ、これを半導体基板60の表面部に導入する。この場合の条件は、周波数が2.45GHzのマイクロ波を約500Wのパワーで導波すると共に、試料保持台11及び固体保持台22をそれぞれ周波数が13.56MHzでパワーが約300Wの高周波電力を印加する。また、Arガスを導入した際の真空槽10内の真空度は約 $3 \times 10^{-4}$  Torrに保ち、プラズマの照射によって、半導体基板60の表面の自然酸化膜が除去されて清浄且つ活性な表面部が露出し、該表面部に上記の不純物層66が形成される。

【0099】次に、図6（b）に示すように、第1のフォトリソスト64を除去した後、NMOS領域に開口部を有する第2のレジストパターン67を形成し、固体保持台22の上にはN型の不純物例えば珪素を主成分とする不純物固体21を載置した後、前記と同様の条件で半導体基板60の表面部のNMOS領域に珪素の不純物層68を形成する。

【0100】次に、図7（a）に示すように、半導体基板60の上には全面に亘ってCVD酸化膜等よりなる絶縁膜70を例えば500nmの膜厚に堆積する。その後、半導体基板60に対して適当な熱処理、例えば1000℃の温度下における10秒間の熱処を行なって不純物層66、68の不純物分布を制御してもよい。次に、絶縁膜70に対してフォトリソグラフィ法及びエッチング法を施して、絶縁膜70に開口部70aを形成する。

【0101】次に、図7（b）に示すように、単層又は多層の主属膜を全面に亘って堆積した後、該主属膜に対してフォトリソグラフィ法及びエッチング法を施して主属膜をパターン化して金属配線層72を形成する。

【0102】尚、絶縁膜70の開口部70aにおける不純物層66、68と金属配線層72との電気的コンタクトを良好に保つため、コンタクト部を構成する不純物層66、68には、所謂イオン注入法を用いて適当な不純物分布を形成してもよい。この場合には、PMOS領域には例えば硼をエネルギー15keVでドーズ量 $5 \times 10^{12}/\text{cm}^2$ でイオン注入し、NMOS領域には例えば珪素をエネルギー30keVでドーズ量 $3 \times 10^{12}/\text{cm}^2$ でイオン注入することができる。もっとも、これらの注入条件は、作製する半導体装置の設計によって大幅に異なるので、適切な設定が必要なことはいふまでもない。

【0103】尚、前記のCMOSを有する半導体装置の製造方法によれば、第1の不純物導入方法を用いたので、半導体基板60の表面部近傍に比較的に深く且つ高濃度の不純物層66、68を形成することができるが、第2の不純物の導入方法を用いると、半導体基板60の表面部近傍に浅く且つ高濃度の不純物層66、68を形成

することができる。また、第3の不純物の導入方法を用いると、半導体基板60の表面部近傍に浅く且つ低濃度の不純物層66、68を形成することができる。

【0104】尚、前記の各不純物導入方法及び各半導体装置の製造方法によれば、不純物としてはいかなる導入したか、導入する不純物は水素に限定されず、珪素、炭、アルミニウム又はゲルマニウム等を導入することができる。また、不活性又は反応性のガスとしてArガスをを用いたが、不活性又は反応性のガスとしてはArガスに限られず、窒素ガス等を用いることができる。

【0105】

【発明の効果】請求項1の発明に係る不純物の導入方法によると、不純物固体に含まれる不純物は効率的にスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入され、プラズマ中に混入された高濃度の不純物イオンは大きなエネルギーで固体試料に向かって進むため、高濃度の不純物イオンは固体試料の表面部に導入されるので、固体試料の表面部に固体試料に格子欠陥を生じさせることなく且つ高い安全性をもって高濃度の不純物層を形成することができる。

【0106】請求項2の発明に係る不純物の導入方法によると、不純物固体に含まれる不純物は効率的にスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入され、プラズマ中に混入された高濃度の不純物イオンは小さなエネルギーで固体試料に向かって進むため、高濃度の不純物イオンは固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に導入されるので、固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に固体試料に格子欠陥を生じさせることなく且つ高い安全性をもって高濃度の不純物層を形成することができる。

【0107】請求項3の発明に係る不純物の導入方法によると、不純物固体に含まれる不純物は比較的に少ないスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に低濃度に混入され、プラズマ中に混入された低濃度の不純物イオンは小さなエネルギーで固体試料に向かって進むため、低濃度の不純物イオンは固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に導入されるので、固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に固体試料に格子欠陥を生じさせることなく且つ高い安全性をもって低濃度の不純物層を形成することができる。

【0108】請求項4の発明に係る不純物の導入方法によると、不純物固体に対して堆積された不純物膜に含まれる不純物は効率的にスパッタリングされて不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入され、プラズマ中に混入された高濃度の不純物イオンは小さなエネルギーで固体試料に向かって進むため、高濃度の不純物イオンは固体試料の表面部に導入されるので、固体試料の表面部に固体試料に格子欠陥を生じさせることなく高濃度の不純物層を形成することができる。

【0109】請求項8の発明に係る不純物の導入装置に

ると、固体試料の表面部に固体試料に格子欠陥を生じさせることなく高い安全性をもって高濃度の不純物層を形成する請求項1の発明に係る不純物の導入方法を確実に実現することができる。

【01110】請求項9の発明に係る不純物の導入装置によると、固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に固体試料に格子欠陥を生じさせることなく高い安全性をもって高濃度の不純物層を形成する請求項2の発明に係る不純物の導入方法を確実に実現することができる。

【01111】請求項10の発明に係る不純物の導入装置によると、固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に固体試料に格子欠陥を生じさせることなく高い安全性をもって低濃度の不純物層を形成する請求項3の発明に係る不純物の導入方法を確実に実現することができる。

【01112】請求項11の発明に係る不純物の導入装置によると、固体保持手段に不純物固体がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加したり又はプラズマに対して陽極となるような電圧を印加したりすることができるので、不純物固体に含まれる不純物を不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入させたり又は低濃度に混入させたりすることができる。

【01113】請求項12の発明に係る不純物の導入装置によると、試料保持手段に固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加したり又はプラズマに対して陽極となるような電圧を印加したりすることができるので、固体試料の表面部に形成される不純物層の深さを制御することができる。

【01114】請求項13の発明に係る不純物の導入装置によると、固体試料の表面部に固体試料に格子欠陥を生じさせることなく高濃度の不純物層を形成する不純物導入方法を不純物固体を準備しなくても実現できる。

【01115】請求項14の発明に係る不純物の導入装置によると、固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に格子欠陥を生じさせることなく高濃度の不純物層を形成する不純物導入方法を不純物固体を準備しなくても実現できる。

【01116】請求項15の発明に係る不純物の導入装置によると、固体試料の表面部における表面に極めて近い領域に格子欠陥を生じさせることなく低濃度の不純物層を形成する不純物導入方法を不純物固体を準備しなくても実現できる。

【01117】請求項16の発明に係る不純物の導入装置によると、不純物付着手段に不純物膜がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加したり又はプラズマに対して陽極となるような電圧を印加したりすることができるので、不純物膜に含まれる不純物を不活性又は反応性のガスよりなるプラズマ中に高濃度に混入させたり又は低濃度に混入させたりすることができる。

【01118】請求項17の発明に係る不純物の導入装置によると、試料保持手段に固体試料がプラズマに対して陰極となるような電圧を印加したり又はプラズマに対して陽極となるような電圧を印加したりすることができるので、固体試料の表面部に形成される不純物層の深さを制御することができる。

【01119】請求項20の発明に係る半導体装置の製造方法によると、半導体基板におけるダイナード形成領域の表面部に不純物を高濃度に導入できるので、半導体基板の表面部に高濃度の不純物層を有するダイナードを半導体基板に格子欠陥を生じさせることなく高い安全性をもって形成することができる。

【0120】請求項21の発明に係る半導体装置の製造方法によると、半導体基板におけるダイナード形成領域の表面部における表面に極めて近い領域に不純物を高濃度に導入できるので、半導体基板の表面部における表面に極めて近い領域に高濃度の不純物層を有するダイナードを半導体基板に格子欠陥を生じさせることなく高い安全性をもって形成することができる。

【0121】請求項22の発明に係る半導体装置の製造方法によると、半導体基板におけるダイナード形成領域の表面部における表面に極めて近い領域に不純物を低濃度に導入できるので、半導体基板の表面部における表面に極めて近い領域に低濃度の不純物層を有するダイナードを半導体基板に格子欠陥を生じさせることなく高い安全性をもって形成することができる。

【0122】請求項23の発明に係る半導体装置の製造方法によると、半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部に不純物を高濃度に導入できるので、半導体基板の表面部に高濃度の不純物層を有するトランジスタを半導体基板に格子欠陥を生じさせることなく高い安全性をもって形成することができる。

【0123】請求項24の発明に係る半導体装置の製造方法によると、半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部における表面に極めて近い領域に不純物を高濃度に導入できるので、半導体基板の表面部における表面に極めて近い領域に高濃度の不純物層を有するトランジスタを半導体基板に格子欠陥を生じさせることなく高い安全性をもって形成することができる。

【0124】請求項25の発明に係る半導体装置の製造方法によると、半導体基板におけるトランジスタ形成領域の表面部における表面に極めて近い領域に不純物を低濃度に導入できるので、半導体基板の表面部における表面に極めて近い領域に低濃度の不純物層を有するトランジスタを半導体基板に格子欠陥を生じさせることなく高い安全性をもって形成することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る不純物導入装置の概略図である。

【図2】本発明に係る第1の不純物導入方法により形成



した固体試料における深さおよび濃度との関係をSIMSにより測定した結果を示す図である。

【図3】本発明の第2の実施形態に係る不純物導入装置の概略図である。

【図4】本発明に係る不純物導入方法を用いて行なうダイオードを有する半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

【図5】本発明に係る不純物導入方法を用いて行なうダイオードを有する半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

【図6】本発明に係る不純物導入方法を用いて行なうCMOSを有する半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

【図7】本発明に係る不純物導入方法を用いて行なうCMOSを有する半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

【図8】従来の不純物導入装置の概略図である。

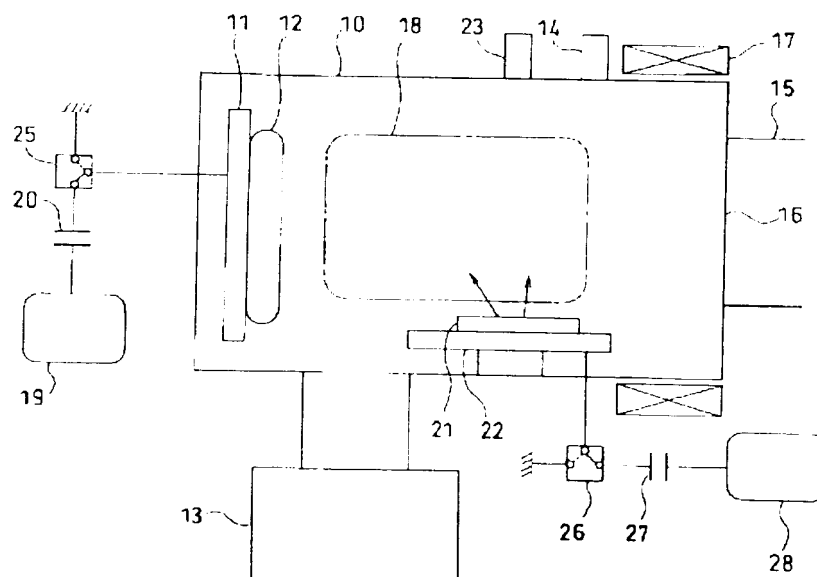
【図9】本発明の前提となる不純物導入装置の概略図である。

#### 【符号の説明】

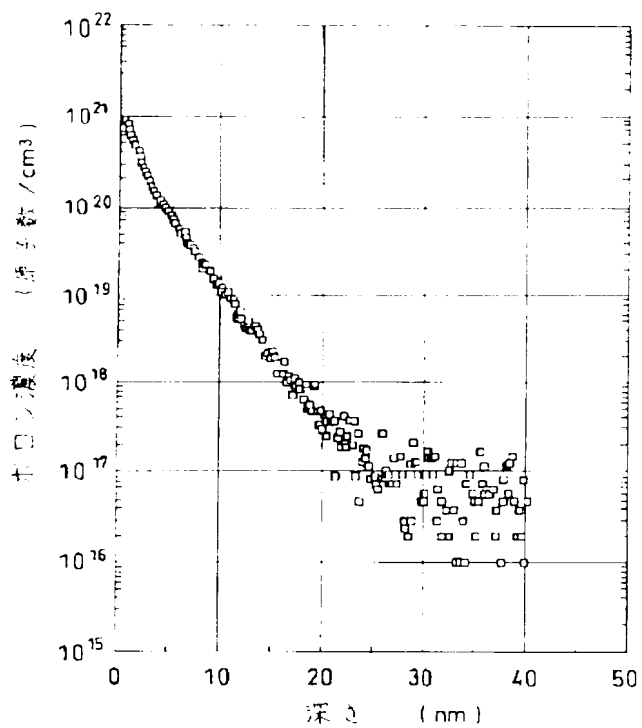
- 10 真空槽
- 11 試料保持台
- 12 試料保持台
- 13 減圧ポンプ
- 14 ソースガスフィード
- 15 マイクロ波導波管
- 16 石英板
- 17 電磁石
- 18 プラズマ領域
- 19 第1のコリゲンサ

- 20 第1の高周波電源
- 21 不純物固体
- 22 固体保持台
- 23 希ガスフィード
- 25 第1の切替スイッチ
- 26 第2の切替スイッチ
- 27 第2のコリゲンサ
- 28 第2の高周波電源
- 30 不純物付着台
- 10 31 不純物導
- 32 シャッター
- 50 半導体基板
- 51 素子分離層
- 52 プラズマ
- 53 不純物層
- 54 絶縁膜
- 54 a 開口部
- 55 金属配線層
- 60 半導体基板
- 20 61 素子分離領域
- 62 ゲート絶縁膜
- 63 ゲート電極
- 64 第1のレジストパターン
- 65 Arプラズマ
- 66 不純物層
- 67 第2のレジストパターン
- 68 不純物層
- 70 絶縁膜
- 70 a 開口部
- 30 72 金属配線層

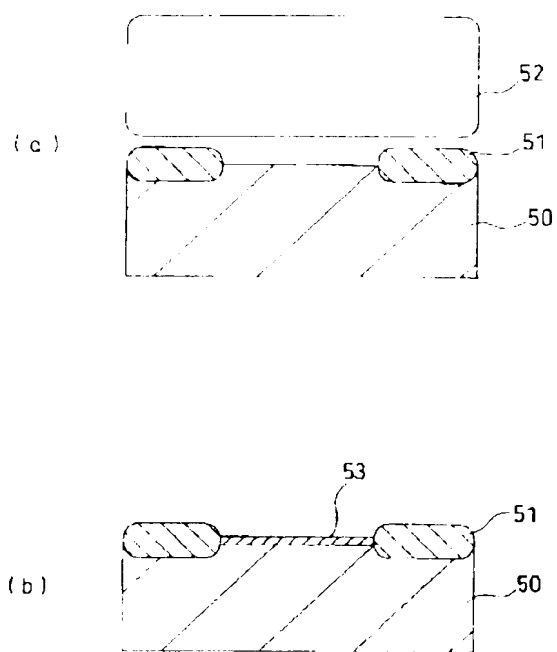
【図1】



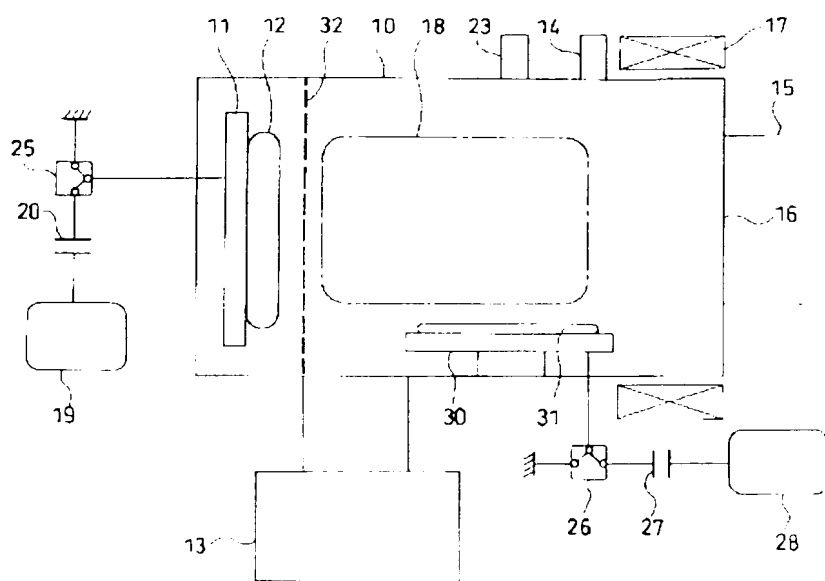
【図2】



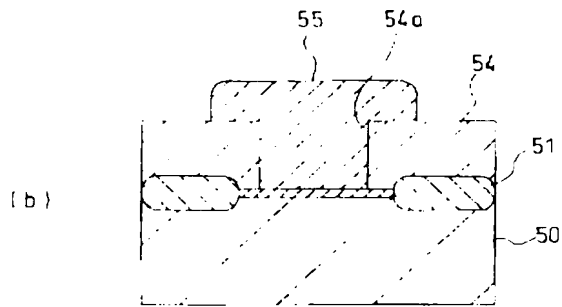
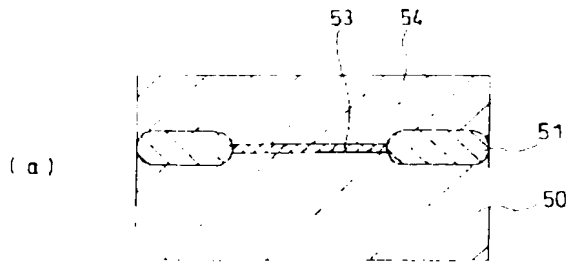
【図4】



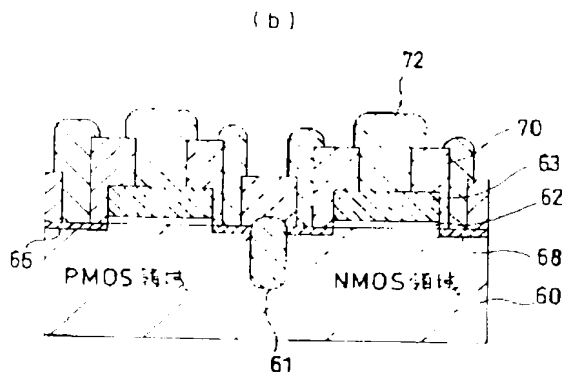
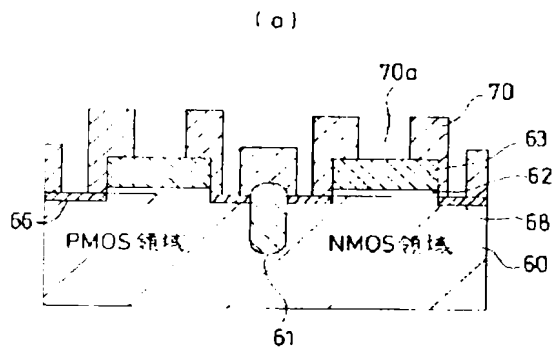
【図3】



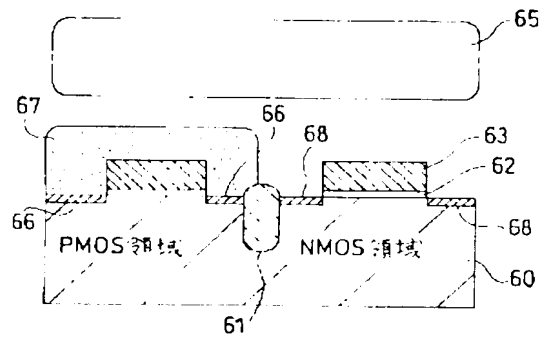
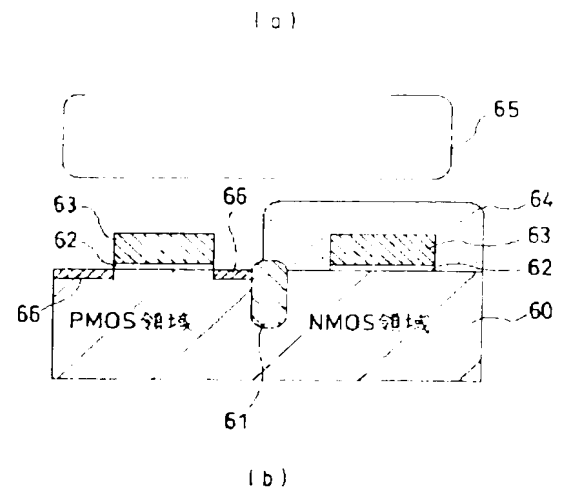
【15】



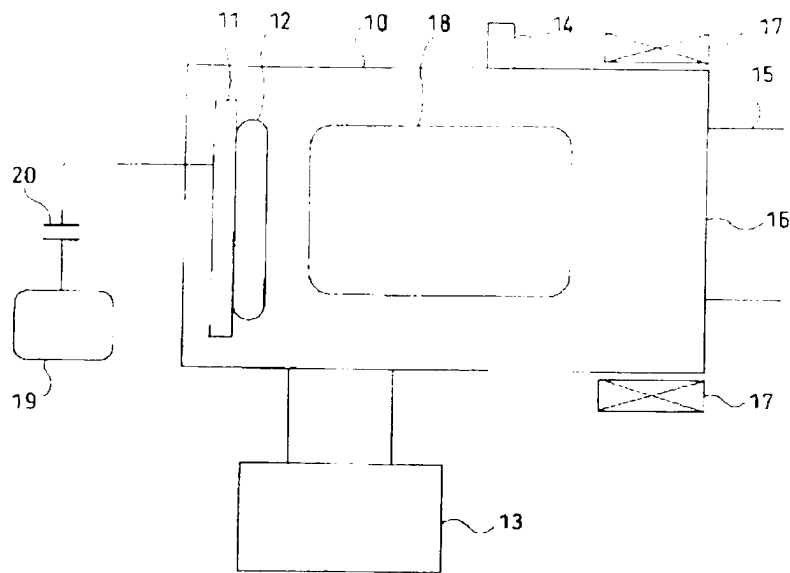
【16】



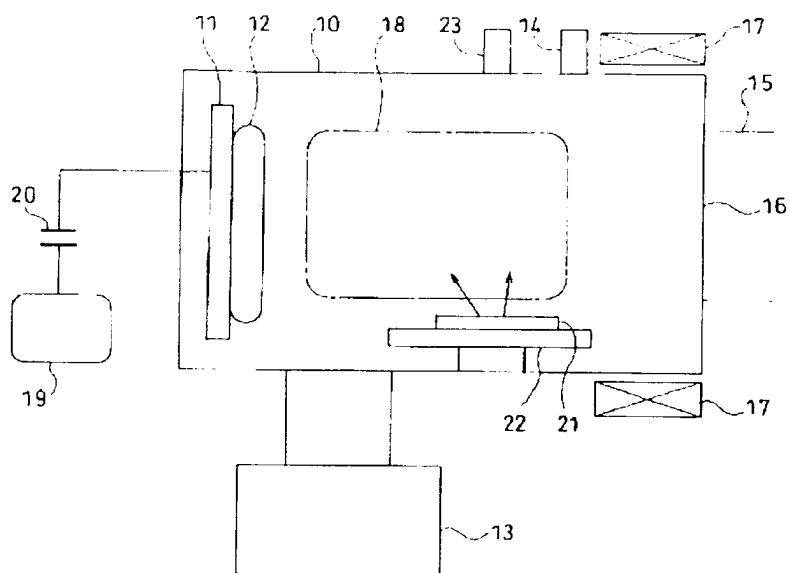
【17】



【図8】



【図9】



【以下ページの続き】

(72) 発明者 中山 一郎

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内